

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
13. November 2003 (13.11.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/094225 A1**(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H01L 21/768**Regensburg (DE). **SCHUDERER, Berthold** [DE/DE];  
Dr.-Dachs-Str. 21, 93047 Regensburg (DE).

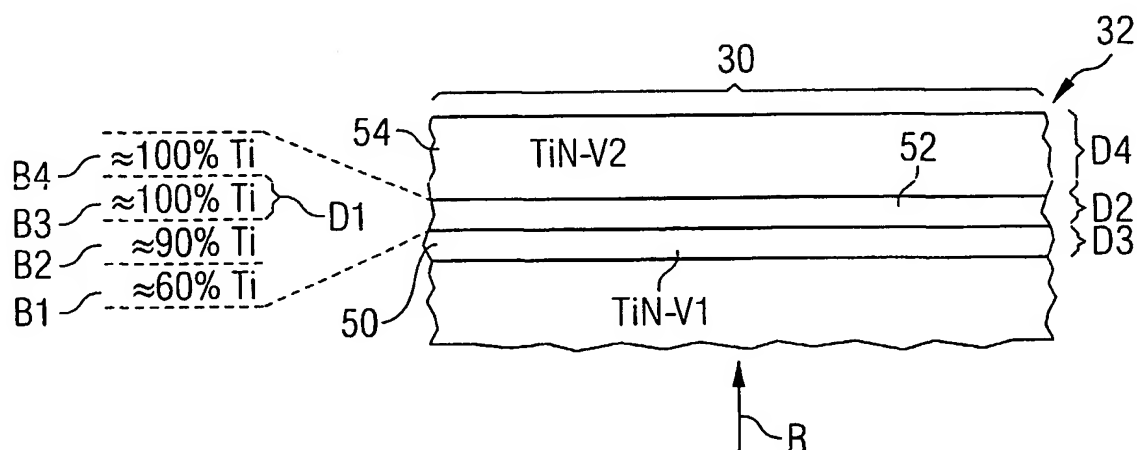
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE03/00861

(74) **Anwalt: KINDERMANN, Peter**; Patentanwälte Kinder-  
mann, Postfach 1330, 85627 Grasbrunn (DE).(22) Internationales Anmeldedatum:  
17. März 2003 (17.03.2003)(81) **Bestimmungsstaaten (national)**: CN, JP, KR, SG, US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) **Bestimmungsstaaten (regional)**: europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 19 115.8 29. April 2002 (29.04.2002) DE**Veröffentlicht:**(71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): INFINEON TECHNOLOGIES AG** [DE/DE]; St.  
Martin-Strasse 53, 81669 München (DE).— mit internationalem Recherchenbericht  
— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen  
eintreffen(72) **Erfinder; und**(75) **Erfinder/Anmelder (nur für US): FÖRSTER, Jür-  
gen** [DE/DE]; Pröllerstr. 20, 93105 Tegernheim (DE).  
**PRÜGL, Klemens** [DE/DE]; Wilhelmstr. 44, 93049Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.(54) **Title: METHOD FOR FILLING A CONTACT HOLE**(54) **Bezeichnung: VERFAHREN ZUM FÜLLEN EINES KONTAKTLOCHS**(57) **Abstract:** The invention relates to a method wherein a base layer (50) is deposited in a contact hole area (30) with protective gas which contains a nitride as the main component. After deposition of the base layer (50) a covering layer (54) is deposited with gaseous nitrogen. As a result, an easy-to-produce adhesive layer (32) is provided, exhibiting good electrical properties.(57) **Zusammenfassung:** Erläutert wird ein Verfahren, bei dem in einem Kontaktlochbereich (30) unter einem Schutzgas eine Grundsicht (50) abgelagert wird, die als Hauptbestandteil ein Nitrid enthält. Nach dem Ablagern der Grundsicht (50) wird unter gasförmigem Stickstoff eine Deckschicht (54) abgelagert. Es entsteht eine Haftvermittlungsschicht (32), die einfach herzustellen ist und die gute elektrische Eigenschaften hat.

## Beschreibung

## VERFAHREN ZUM FÜLLEN EINES KONTAKTLOCHS

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Füllen eines Kontaktlochs, bei dem in dem Kontaktloch eine Deckschicht abgelagert wird, die als Hauptbestandteil ein Nitrid enthält.

10 Da Kontaktloch liegt zwischen zwei Metalllagen. Solche Kontaktlöcher werden auch als Vias bezeichnet,

Die Deckschicht ist Bestandteil einer sogenannten Linerschicht, die als mechanische Haftvermittlungsschicht zwischen  
15 einem zu kontaktierenden Metall und der Kontaktlochfüllung dient. Als Material für die Haftvermittlungsschicht wird beispielsweise Titannitrid oder Tantalnitrid eingesetzt, um beispielsweise bei einem unter dem Kontaktloch liegenden Leitungsabschnitt aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung  
20 das Kontaktloch mit Wolfram oder einer Wolframverbindung zu füllen. Haftvermittlungsschichten, die ein Nitrid enthalten, haben gute Haftvermittlungseigenschaften und lassen sich vergleichsweise einfach durch Sputtern unter Stickstoff erzeugen.

25

Es ist Aufgabe der Erfindung, zum Füllen eines Kontaktlochs ein einfaches Verfahren anzugeben, das insbesondere eine sichere Kontaktierung und einen geringen Kontaktwiderstand gewährleistet. Außerdem soll eine zugehörige integrierte  
30 Schaltungsanordnung angegeben werden.

Die auf das Verfahren bezogene Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Verfahrensschritte gelöst. Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

35

Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird in dem Kontaktloch unter einem Schutzgas eine Grundschicht abgelagert, die als

Hauptbestandteil ein Nitrid enthält. Erst nach der Ablagerung der Grundschrift wird dann die Deckschrift unter gasförmigem Stickstoff abgelagert.

- 5     Dadurch, dass zunächst die Grundschrift unter einem Schutzgas abgelagert wird, bilden sich auf dem Metall am Kontaktlochboden beim erfindungsgemäßen Verfahren keine störenden Nitridverbindungen zwischen dem Metall am Kontaktlochboden und in einem reaktiven Gas enthaltenen Stickstoff. Dennoch wird beim
- 10    erfindungsgemäßen Verfahren eine Metallnitridschicht unmittelbar auf dem Metall gebildet, um bspw. einen guten elektrischen Kontakt zu bilden und unerwünschte Effekte bzw. Verbindungen zwischen einem reinen Metall und dem Metall am Kontaktlochboden zu vermeiden bzw. zu reduzieren. So würde bspw.
- 15    TiAl<sub>3</sub> stören, weil es eine Dichte hat, die erheblich von der Dichte der es umgebenden Materialien abweicht. Außerdem ist TiAl<sub>3</sub> körnig und hat ein uneinheitliches Gefüge, das die Elektromigration begünstigt.
- 20    Beim nachfolgenden Ablagern der Deckschrift unter gasförmigem Stickstoff kann aufgrund der bereits abgelagerten Grundschrift der Stickstoff nicht mehr bis zu dem Metall am Kontaktlochboden dringen, um dort ein störendes Nitrid zu bilden. Die Deckschrift lässt sich deshalb mit einem einfachen
- 25    Verfahren zur Ablagerung erzeugen, nämlich dem unter Verwendung einer Stickstoffatmosphäre.

- Bei einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Grundschrift und die Deckschrift durch gerichtetes
- 30    Sputtern abgelagert. Während ungerichtete Sputterverfahren gut für das Ablagern von Material auf einer ebenen Fläche geeignet sind, bietet das gerichtete Sputtern die Möglichkeit, auch in dem engen Kontaktloch und insbesondere auf dem Kontaktlochboden ausreichend Material der Grundschrift bzw.
- 35    der Deckschrift abzuschneiden, ohne dass es zu großen Unterschieden in der Dicke der Grundschrift bzw. der Deckschrift innerhalb und außerhalb des Kontaktlochs kommt. Da

solche Unterschiede durch das gerichtete Sputtern vermieden bzw. erheblich reduziert werden, ist eine einfache Einbindung des Verfahrens gemäß der Weiterbildung in den Gesamtprozess zum Herstellen einer integrierten Schaltungsanordnung möglich.

Bei einer nächsten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird nach der Ablagerung der Grundschrift aber noch vor der Ablagerung der Deckschrift eine Zwischenschicht in dem Kontaktloch abgelagert. Durch das Ablagern der Zwischenschicht bietet sich die Möglichkeit, kontinuierlich von dem Verfahren zum Abscheiden der Grundschrift zu dem Verfahren zum Abscheiden der Deckschrift überzugehen. Beispielsweise lassen sich in dieser Zeit Prozessgase austauschen. Außerdem entsteht durch die Einbeziehung einer Zwischenschicht mit einem Material, das sich vom Material der Grundschrift und vom Material der Deckschrift unterscheidet, weil es nitridfrei ist, ein Freiheitsgrad zur Erzeugung eines Schichtstapels mit verbesserten mechanischen Hafteigenschaften und/oder mit verbesserten elektrischen Kontakteigenschaften und/oder mit verbesserten anderen Eigenschaften, z.B. hinsichtlich der Verhinderung von Diffusion oder Elektromigration. So lassen sich die Hafteigenschaften der später einzubringenden Füllung des Kontaktlochs in dem Kontaktloch selbst durch eine Zwischenschicht erheblich verbessern, die als Hauptbestandteil Titan enthält, d.h. die z.B. aus Titan besteht oder in der mindestens 80 % der Atome Titanatome sind.

Bei anderen Weiterbildungen wird die Oberfläche eines Sputtertargets zunächst unter einer Stickstoffatmosphäre nitridiert. Dann wird die nitridierte Oberfläche beim Erzeugen der Grundschrift abgetragen. Die Zwischenschicht wird dann von einer im Wesentlichen nitridfreien Oberfläche des Sputtertargets abgetragen, wobei das Schutzgas unverändert bleibt.

Durch den Wechsel zu einer anderen Atmosphäre werden dann die Bedingungen zum Erzeugen der Deckschrift vorgegeben. Diese Maßnahmen bilden ein einfaches aber wirkungsvolles Verfahren

zum Vorgeben der Prozessbedingungen bei der Erzeugung des Schichtstapels zur Füllung des Kontaktloches. Insbesondere lässt sich das gesamte Verfahren ohne Wechsel der Prozesskammer durchführen.

5

Bei einer nächsten Weiterbildung wird das Kontaktloch in ein dielektrisches Trägermaterial bis zu einem elektrisch leitenden Verbindungsabschnitt eingebracht, der als Hauptbestandteil Aluminium, eine Aluminiumlegierung oder ein anderes  
10 Metall enthält, z.B. Kupfer oder eine Kupferlegierung. Auch ein derartig tief eindringendes Kontaktloch lässt sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gut füllen, insbesondere weil kein gasförmiger Stickstoff auf den Kontaktlochboden gelangt. So wird beispielsweise die Bildung von störendem Aluminiumnitrid, wie oben erläutert, durch andere Maßnahmen vermieden,  
15 nämlich insbesondere durch die Erzeugung der Grundsicht unter einer Schutzatmosphäre.

Bei einer nächsten Weiterbildung werden eine Vielzahl von  
20 Kontaktlöchern beim Prozessieren einer Halbleiterscheibe gleichzeitig geätzt. Die Halbleiterscheibe wird auch als Wafer bezeichnet und hat einen Durchmesser von beispielsweise 150 bis 300 mm. Aufgrund dieser Größe sind die Ätzbedingungen nicht an allen Stellen der Halbleiterscheibe gleich. Bei-  
25 spielsweise wird am Rand der Halbleiterscheibe schneller geätzt als in der Mitte der Halbleiterscheibe. Auch ist die Dicke der dielektrischen Schicht außerhalb von Kontaktlöchern an verschiedenen Stellen der Halbleiterscheibe unterschiedlich. Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es möglich,  
30 bei der Weiterbildung eine zwischen der dielektrischen Schicht und einer Metalllage liegenden Hilfsschicht zwar als Sollpunkt für einen Ätzstopp vorzugeben, aber trotzdem ein Durchätzen der Hilfsschicht zu erlauben, insbesondere in einem Teilbereich der Halbleiterscheibe. Alle Kontaktlöcher  
35 haben trotz der unterschiedlichen Ätzbedingungen und Dickebedingungen später gute elektrische Eigenschaften. Insbesondere bei einer geringen Ätzselektivität zwischen der dielektri-

schen Schicht und der Hilfsschicht ist durch die genannten Maßnahmen ein großes Prozessfenster beim Ätzen möglich. Auch lässt sich die Dicke der Hilfsschicht reduzieren.

- 5 Die Hilfsschicht hat beispielsweise Eigenschaften, durch welche sich Elektromigration vermeiden bzw. reduzieren lässt. Auch wenn die Hilfsschicht durchätzt wird, stört dies nicht, weil später eine Linerschicht aufgebracht wird, die ähnliche Eigenschaften wie die Hilfsschicht hinsichtlich der Vermeidung von Elektromigration hat. Die ähnlichen Eigenschaften resultieren bspw. aus der Verwendung gleicher Materialien und Schichtfolgen in der Hilfsschicht und der Linerschicht.

- Bei einer anderen Weiterbildung wird nach der Ablagerung der Deckschicht in dem Kontaktloch eine Kontaktlochfüllung abgelagert, die als Hauptbestandteil Wolfram enthält. Auch dann, wenn die Zwischenschicht aus Titan besteht, lässt sich die Bildung von störendem Titanfluorid bei der Einbringung des Wolframs vermeiden oder erheblich reduzieren, weil die Zwischenschicht zwischen der Grundsicht und der Deckschicht eingebettet ist und sich außerdem nur dünn ausbilden lässt, z.B. dünner als 10 nm.

- Bei einer nächsten Weiterbildung ist die Dicke der Deckschicht kleiner als etwa 20 nm. Eine so geringe Dicke ist auch bei einer Füllung des Kontaktlochs mit Wolfram nicht störend. Die Bildung von Titanfluorid und das dadurch verursachte Abheben des Schichtstapels vom Kontaktloch ist nicht mehr zu befürchten. Deshalb kann auch die sonst zum Vermeiden des Abhebens vergrößerte Schichtdicke, insbesondere der Deckschicht wieder verringert werden, beispielsweise auf die genannte Größe.

- Bei einer Weiterbildung hat das Kontaktloch einen Durchmesser kleiner 1  $\mu\text{m}$ . Die Tiefe des Kontaktlochs ist größer als 500 nm. Bei einem Durchmesser von etwa 500 nm und einer Tiefe von 1  $\mu\text{m}$  liegt das Aspektverhältnis bei Zwei. Aber auch bei As-

pektverhältnissen bis etwa drei lässt sich das erfindungsge-  
mäße Verfahren noch sicher durchführen, weil insbesondere bei  
einem gerichteten Sputterverfahren der Dickenunterschied der  
Schichten innerhalb und außerhalb eines Kontaktlochs in ver-  
5 tretbaren Grenzen bleibt.

Bei einer nächsten Weiterbildung wird als Material für die  
Grundschrift und/oder die Deckschrift eines oder mehrere der  
Materialien Titannitrid oder Tantalnitrid verwendet. Als  
10 Material für die Zwischenschicht ist in diesen Fällen Titan,  
oder Tantal geeignet.

Die Erfindung betrifft außerdem eine integrierte Schaltungs-  
anordnung, die das gefüllte Kontaktloch, insbesondere ein-  
15 schließlich der Grundschrift und der Deckschrift enthält. Die  
Schaltungsanordnung wird bei einer Weiterbildung mit dem  
erfindungsgemäßen Verfahren oder einer seiner Weiterbildungen  
hergestellt. Damit gelten die oben genannten Wirkungen auch  
für die Schaltungsanordnung und deren Weiterbildung.

20 Im Folgenden wird die Erfindung an Hand der beiliegenden  
Figuren erläutert. Darin zeigen:

Figur 1 eine dielektrische Schicht einer integrierten  
25 Schaltungsanordnung,

Figur 2 ein in die dielektrische Schicht geätztes Kontakt-  
loch,

30 Figur 3 eine in dem Kontaktloch anzuordnende Haftvermitt-  
lungsschicht gemäß einer Variante,

Figur 4 Teilschichten einer in das Kontaktloch eingebrach-  
ten Haftvermittlungsschicht,

35 Figur 5 eine zum Einbringen der Haftvermittlungsschicht  
verwendete Sputterkammer, und

Figur 6 beim Erzeugen der Haftvermittlungsschicht durchgeführte Verfahrensschritte.

5 Figur 1 zeigt eine integrierte Schaltungsanordnung 10 während der Herstellung. In einem nicht dargestellten Halbleitersubstrat der integrierten Schaltungsanordnung 10 wurden bereits eine Vielzahl elektrischer Bauelemente wie Transistoren gefertigt, z.B. gemäß CMOS-Technik, gemäß BICMOS-Technik oder  
10 gemäß einer Technik für Leistungsschaltelemente (Power Devices). Danach wurde die Herstellung bis zum Aufbringen einer Metalllage 12 fortgesetzt.

Die Metalllage 12 enthält einen Verbindungsabschnitt 14 aus  
15 einer Aluminium-Kupfer-Legierung, die z.B. 0,5 % Kupfer enthält. Auf die Metalllage 12 wurde eine Antireflexionsschicht 16 aufgesputtert, die beispielsweise aus Titannitrid besteht oder mindestens eine Titannitridschicht enthält. Die Antireflexionsschicht 16 wurde zum Strukturieren der Metalllage 12  
20 in einem fotolithografischen Prozess benötigt, bei dem auch der Verbindungsabschnitt 14 strukturiert worden ist.

Nach dem Ablagern der Antireflexionsschicht 16 wurde eine dielektrische Schicht 18 in einer Dicke von beispielsweise  
25 600 nm abgeschieden, z.B. mit Hilfe eines CVD-Verfahrens (Chemical Vapor Deposition). Die dielektrische Schicht besteht beispielsweise aus Siliziumdioxid und dient der elektrischen Isolierung zwischen der Metalllage 12 und einer in der dielektrischen Schicht 18 noch anzuordnenden Metalllage.

30

Figur 2 zeigt die Schaltungsanordnung 10 nach dem Ätzen eines Kontaktlochs 20, das sich durch die dielektrische Schicht 18 und die Antireflexionsschicht 16 hindurch bis in den Verbindungsabschnitt 14 hinein erstreckt. Zwischen einer unteren  
35 Oberfläche 22 und einem Kontaktlochboden 24 des Kontaktlochs 20 liegt ein Abstand A1 von beispielsweise 10 nm. Der Kontaktlochdurchmesser beträgt beispielsweise 0,5 µm.



Der Ätzprozess zum Ätzen des Kontaktlochs 20 wird so geführt, dass bei einem Großteil von Kontaktlöchern der Schaltungsanordnung 10 der Kontaktlochboden 26 in der Mitte der Antireflexionsschicht 16 liegt. Zwischen dem Kontaktlochboden 26 und der unteren Oberfläche 22 der Antireflexionsschicht 16 liegt dann ein Abstand A2 von einigen Nanometern. Kontaktlöcher, bei denen der Kontaktlochboden 28 oberhalb der Antireflexionsschicht 16 liegt, gibt es bei dieser Prozessführung nicht. Zwischen dem Kontaktlochboden 28 und der unteren Oberfläche 22 würde dann ein Abstand A3 liegen, der größer als der Abstand A2 und auch größer als die Dicke der Antireflexionsschicht 16 ist. Das Kontaktloch 20 hat einen zentralen Bereich 30, der in den Figuren 3 und 4 vergrößert dargestellt ist.

Nach dem Ätzen des Kontaktlochs 20 wird eine Haftvermittlungsschicht 32 abgeschieden, deren Aufbau unten an Hand der Figur 4 näher erläutert wird.

20

Figur 3 zeigt eine Titannitridschicht 40, die man in dem Kontaktloch 20 als Haftvermittlungsschicht abscheiden könnte. Würde man dies unter einer reaktiven Stickstoffatmosphäre tun, so würde sich dabei zwischen der Titannitridschicht 40 und dem Verbindungsabschnitt 14 eine Aluminiumnitridschicht 42 bilden, die den Kontaktwiderstand erheblich erhöht.

25

Figur 4 zeigt dagegen den Aufbau der tatsächlich in dem Kontaktloch 20 abgelagerten Haftvermittlungsschicht 32, die eine Grundschrift 50 aus Titannitrid, eine Zwischenschicht 52 und eine Deckschicht 54 aus Titannitrid enthält. Die Grundschrift 50, die Zwischenschicht 52 und die Deckschicht 54 sind in der genannten Reihenfolge mit einem Verfahren aufgesputtert worden, das unten an Hand der Figur 6 näher erläutert wird.

35

Die Zwischenschicht 52 besteht in unteren Bereichen B1 und B2 aus einem Gemisch aus Titannitrid und Titan, wobei der Anteil

des Titans in den Bereichen B1 und B2 beginnend von der Grundschrift 50 her zunimmt und in einem sich an den Bereich B3 anschließenden Bereich B3 100 % erreicht. Gleichermaßen verringert sich der Titanitridanteil von 100 % auf 0 %. Der Titananteil in der Mitte des Bereiches B1 bzw. des Bereiches B2 liegt bei beispielsweise 60 % bzw. 90 %. Auch in einem über dem Bereich B3 liegenden Bereich B4 liegt der Titananteil bei 100 %. Die Bereiche B1 bis B2 haben gleiche Dicken D1 von beispielsweise 0,5 nm, so dass eine Gesamtdicke D2 der Zwischenschicht 52 bei 2 nm liegt. Eine Dicke D3 der Grundschrift 50 beträgt im Ausführungsbeispiel 3 nm. Eine Dicke D4 der Deckschicht beträgt 10 nm. Die Dicken D1 bis D4 beziehen sich auf die Ausdehnung der Schichten in einer Stapelrichtung R, in welcher die Schichten 50 bis 54 übereinandergestapelt sind bzw. welche rechtwinklig zur Oberfläche des Halbleitersubstrats liegt.

Figur 5 zeigt eine zum Einbringen der Haftvermittlungsschicht 32 verwendete Sputterkammer 100. Ein Rezipient 102 hat einen Gaseinlass 104 und einen Gasauslass 106. Der Rezipient enthält außerdem ein als Kathode 107 dienendes Sputtertarget 108 aus Titan und einen als Anode 109 dienenden Waferhalter 110. Der Waferhalter 110 trägt einen Wafer 112, z.B. einen 8-Zoll-Wafer (1 Zoll = 25,4 mm). Das Sputtertarget 108 hat bspw. den gleichen Durchmesser wie der Wafer.

Die Sputterkammer 100 ist zum gerichteten Sputtern geeignet, weil ein Abstand A zwischen Sputtertarget 108 und Wafer 112 im Vergleich zu einer Sputterkammer für das ungerichtete Sputtern erheblich vergrößert worden ist, beispielsweise um den Faktor vier bis fünf. So beträgt der Abstand A im Ausführungsbeispiel etwa 25 cm. Zwischen der Verbindungslinie von einem Punkt P in der Mitte des Wafers 112 zum Rand des Sputtertargets 108 hin und der Normalen N zur Hauptoberfläche des Wafers 112 liegt ein Winkel W, der beim gerichteten Sputtern kleiner als 45°, insbesondere kleiner als 30° ist.

Ein gerichtetes Sputtern kann aber auch durch andere Maßnahmen als einen großen Abstand A erreicht bzw. verstärkt werden, z.B. durch eine Verringerung des Drucks innerhalb der Sputterkammer 100, z.B. auf nur 1 bis 2 Millitorr oder durch  
5 geeignete Vorspannungen beim Sputtern. Auch andere Verfahren führen zu einem gerichtetem Sputtern, z.B.:

- die Verwendung eines IMP-Verfahrens (Ionized Metal Plasma) der Firma Applied Materials,
- die Verwendung eines SIP-Verfahrens (Self Ionized Plasma)  
10 der Firma Applied Materials,
- die Verwendung des Advanced-High-Fill-Verfahrens der Firma Trikon,
- die Verwendung des Ultra-High-Fill-Verfahrens der Firma Trikon,
- 15 - oder die Verwendung des älteren Sputterns mit Kollimator.

Damit lässt sich das gerichtete Sputtern vom ungerichteten Sputtern durch einen Winkel W kleiner  $45^\circ$  oder kleiner  $30^\circ$  oder aber durch andere Maßnahmen unterscheiden, die zur gleichen Wirkung wie ein kleiner Winkel W hinsichtlich des Ver-  
20 hältnisses der Schichtdicken innerhalb und außerhalb eines Kontaktlochs 20 führen.

Figur 6 zeigt beim Erzeugen der Haftvermittlungsschicht 32 durchgeführte Verfahrensschritte. Das Verfahren beginnt in einem Verfahrensschritt 150. In einem Verfahrensschritt 152 wird das Sputtertarget 108 in die Sputterkammer 100 eingesetzt, um es für eine Vielzahl von Sputterprozessen zu nutzen. Das Sputtertarget 108 enthält eine Titanschicht 153 aus  
30 reinem Titan.

In einem folgenden Verfahrensschritt 154 wird Stickstoffgas in die Sputterkammer 100 eingeleitet. Der Stickstoff bewirkt ein Nitridieren der reaktiven Titanschicht 153. An der Oberfläche der Titanschicht 153 entsteht deshalb eine dünne Titanitridschicht 157.  
35

Nach dem Nitridieren wird in einem Verfahrensschritt 158 die Stickstoffzufuhr unterbrochen und der in der Sputterkammer 100 enthaltene Stickstoff abgesaugt. In einem nächsten Verfahrensschritt 160 wird der Wafer 112 in der Sputterkammer auf dem Waferhalter 110 befestigt.

In einem Verfahrensschritt 162 wird ein Schutzgas, beispielsweise Argon, in die Sputterkammer 100 eingelassen. Unter der sich bildenden Argonatmosphäre wird in einem Verfahrensschritt 164 mit dem Sputtern begonnen, wobei sich die Grundschicht 50 auf dem Wafer 112 ablagert. Werden die letzten Teile der Titannitridschicht 157 und dann Teile der Titanschicht 153 abgesputtert, so bildet sich ebenfalls unter der Argonatmosphäre die Zwischenschicht 52.

Nach der Ablagerung der Zwischenschicht 52 wird in einem Verfahrensschritt 166 Stickstoff in die Sputterkammer 100 zusätzlich zu dem Schutzgas oder an Stelle des Schutzgases eingelassen. Das Sputtern lässt sich dabei unterbrechen um reproduzierbare Schichten zu erzeugen. In einem Verfahrensschritt 168 wird das Sputtern durch neu zünden des Plasmas fortgesetzt, wobei sich die Deckschicht 54 bildet. In einem Verfahrensschritt 170 wird das Verfahren beendet, wenn die Deckschicht 54 und damit auch die Haftvermittlungsschicht 32 ihre vorgegebene Dicke erreicht hat.

Ohne Wechsel des Sputtertargets 108 wird das erläuterte Verfahren mehrmals hintereinander durchführen.

In das bereits mit der Haftvermittlungsschicht 32 ausgekleidete Kontaktloch wird später in einer anderen Kammer Wolfram eingebracht. Danach werden noch weitere Metalllagen der integrierten Schaltungsanordnung 10 hergestellt.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Füllen eines Kontaktlochs (20),
  - 5 bei dem in mindestens einem Kontaktloch (20) unter einem Schutzgas eine Grundschrift (50) abgelagert wird, die als Hauptbestandteil ein Nitrid enthält und gasförmigen Stickstoff vom Boden (24) des Kontaktlochs (20) fernhält,
  - 10 und bei dem in dem Kontaktloch (20) nach der Ablagerung der Grundschrift (50) unter gasförmigem Stickstoff eine Deckschicht (54) abgelagert wird, die als Hauptbestandteil ein Nitrid enthält.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Grundschrift (50) und/oder die Deckschicht (54) durch gerichtetes Sputtern abgelagert wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass in dem Kontaktloch (20) nach der Ablagerung der Grundschrift (50) und vor der Ablagerung der Deckschicht (54) vorzugsweise durch gerichtetes Sputtern eine Zwischenschicht (52) abgelagert wird, die einen nitridfreien Hauptbestandteil enthält.
- 25 4. Verfahren nach Anspruch 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass mindestens ein Bereich (B3, B4) der Zwischenschicht (52) von einer nitridfreien Oberfläche eines Sputtertargets (108) unter einem Schutzgas abgelagert wird.
- 30 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Oberfläche (157) des Sputtertargets zum Sputtern der Grundschrift (50) vor dem Ablagern der Grundschrift (50) unter Stickstoff nitridiert wird.
- 35 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Grundschrift (50) und die

Deckschicht (54) und vorzugsweise auch die Zwischenschicht (52) mit demselben Sputtertarget (108) erzeugt werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Kontaktloch (20) in eine dielektrische Schicht (18) bis zu einem elektrisch leitenden Verbindungsabschnitt (14) eingebracht wird,

und dass der Verbindungsabschnitt (14) als Hauptbestandteil vorzugsweise Aluminium oder eine Aluminiumlegierung enthält.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vielzahl von Kontaktlöchern (20) gleichzeitig in die dielektrische Schicht (18) geätzt werden,

dass zwischen dem dielektrischen Trägermaterial (18) und dem Verbindungsabschnitt (14) eine elektrisch leitende Hilfsschicht (16), vorzugsweise eine Antireflexionsschicht angeordnet wird,

und dass die Hilfsschicht (16) als Stoppschicht beim Ätzen verwendet wird, wobei jedoch ein Durchdringen der Hilfsschicht (16) an dünnen Stellen der dielektrischen Schicht und/oder an Stellen mit höherer Ätzgeschwindigkeit hingenommen wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Kontaktloch (20) nach der Ablagerung der Deckschicht (54) vorzugsweise unter Wolframhexafluorid eine Kontaktlochfüllung abgelagert wird, die als Hauptbestandteil Wolfram enthält.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundschrift (50) gemeinsam mit der Zwischenschicht (52) am Kontaktlochboden (24) eine Dicke (D2, D3) kleiner 5 nm insbesondere kleiner 3 nm hat,

und/oder dass die Deckschicht (54) am Kontaktlochboden (24) eine Dicke (D4) kleiner 20 nm, vorzugsweise kleiner 10 nm hat.

5

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Kontaktloch (20) einen Durchmesser kleiner 1  $\mu\text{m}$  hat, vorzugsweise von etwa 0,5  $\mu\text{m}$ ,

10

und/oder dass das Kontaktloch (20) eine Tiefe größer 500 nm, vorzugsweise größer 1  $\mu\text{m}$  hat.

15

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundsicht (50) und/oder Deckschicht (54) als Hauptbestandteil Titannitrid oder Tantalnitrid enthält,

20

und/oder dass die Zwischenschicht (52) als Hauptbestandteil Titan oder Tantal enthält.

13. Integrierte Schaltungsanordnung (10),

25

mit mindestens einem Kontaktloch (20), in dem eine Grundsicht (50) und eine Deckschicht (54) angeordnet sind,

wobei die Grundsicht (50) als Hauptbestandteil ein Nitrid enthält, das unter einem Schutzgas abgelagert worden ist,

30

und wobei die Deckschicht (54) als Hauptbestandteil ein Nitrid enthält, das unter gasförmigem Stickstoff abgelagert worden ist.

35

14. Schaltungsanordnung (10) nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch eine zwischen der Grundsicht (50) und der Deckschicht (54) angeordnete Zwischenschicht (52), die einen nitridfreien Hauptbestandteil enthält.

15. Schaltungsanordnung (10) nach Anspruch 13 oder 14, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Schaltungsanord-  
nung (10) mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis  
5 12 hergestellt worden ist.



FIG 1

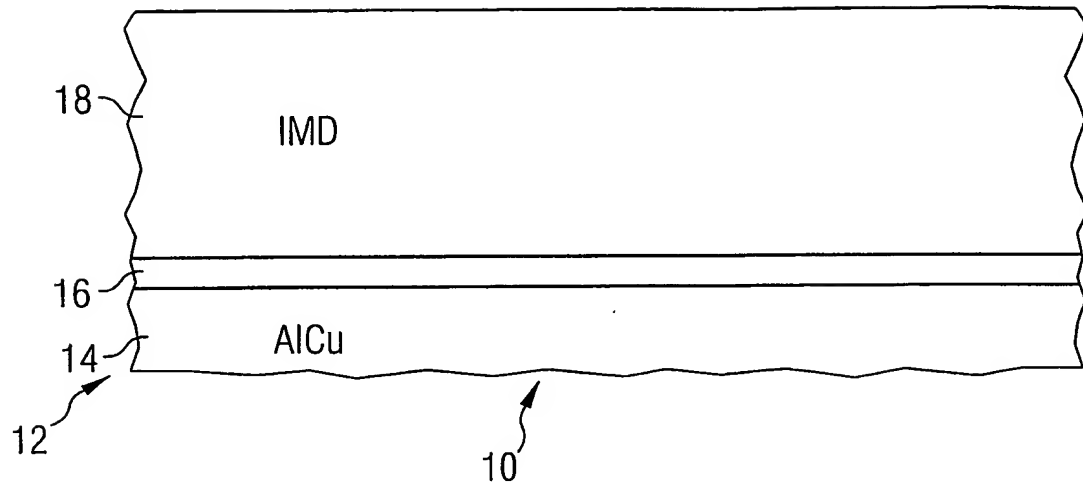


FIG 2

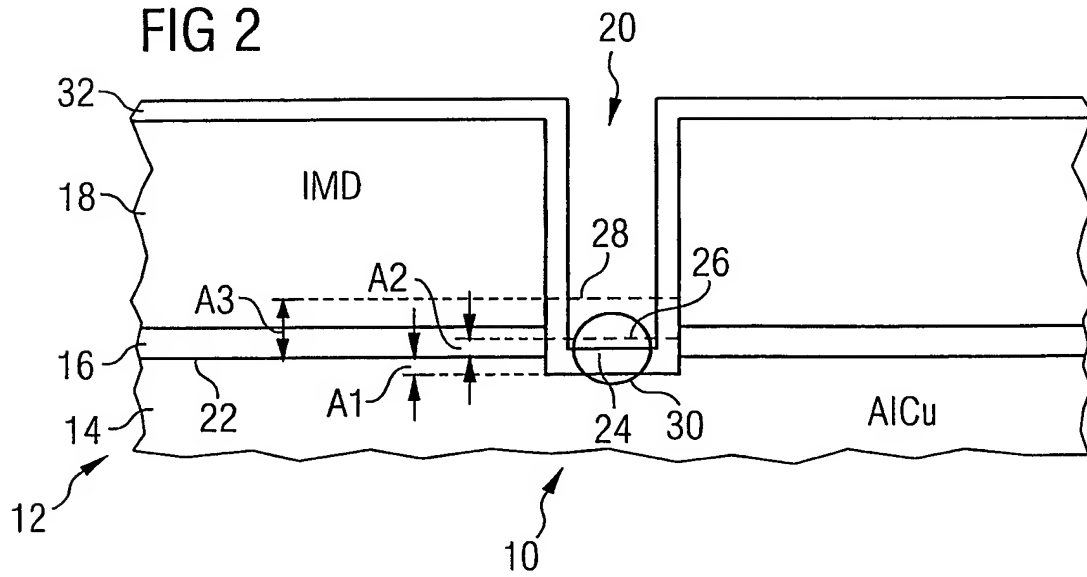


FIG 3

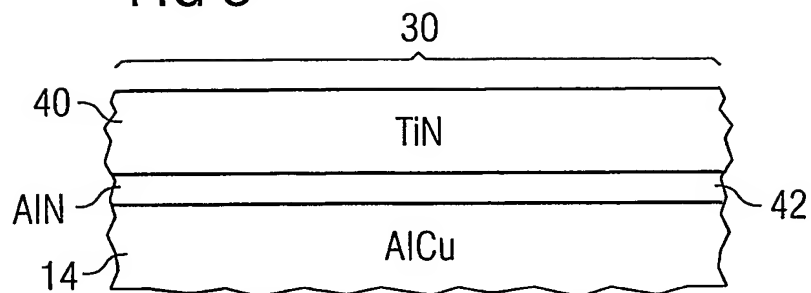


FIG 4

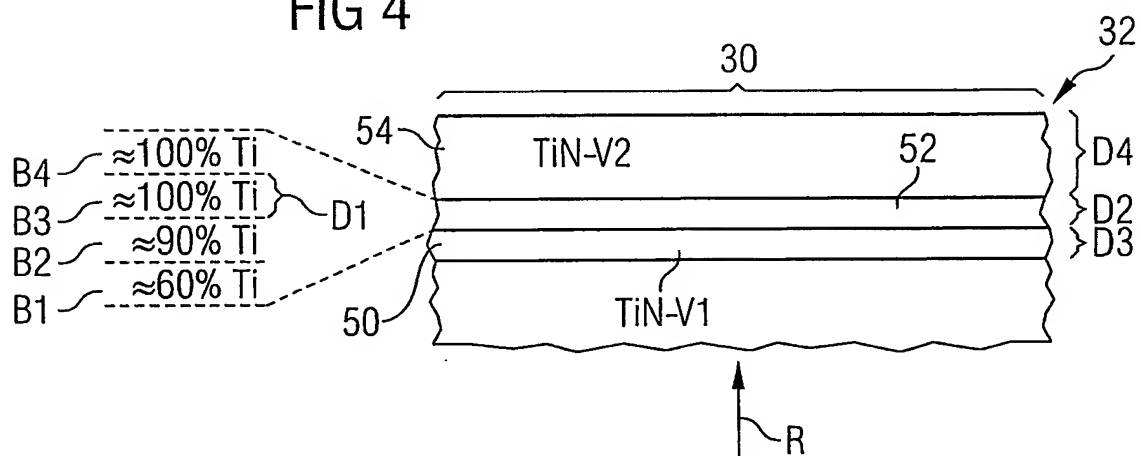


FIG 5

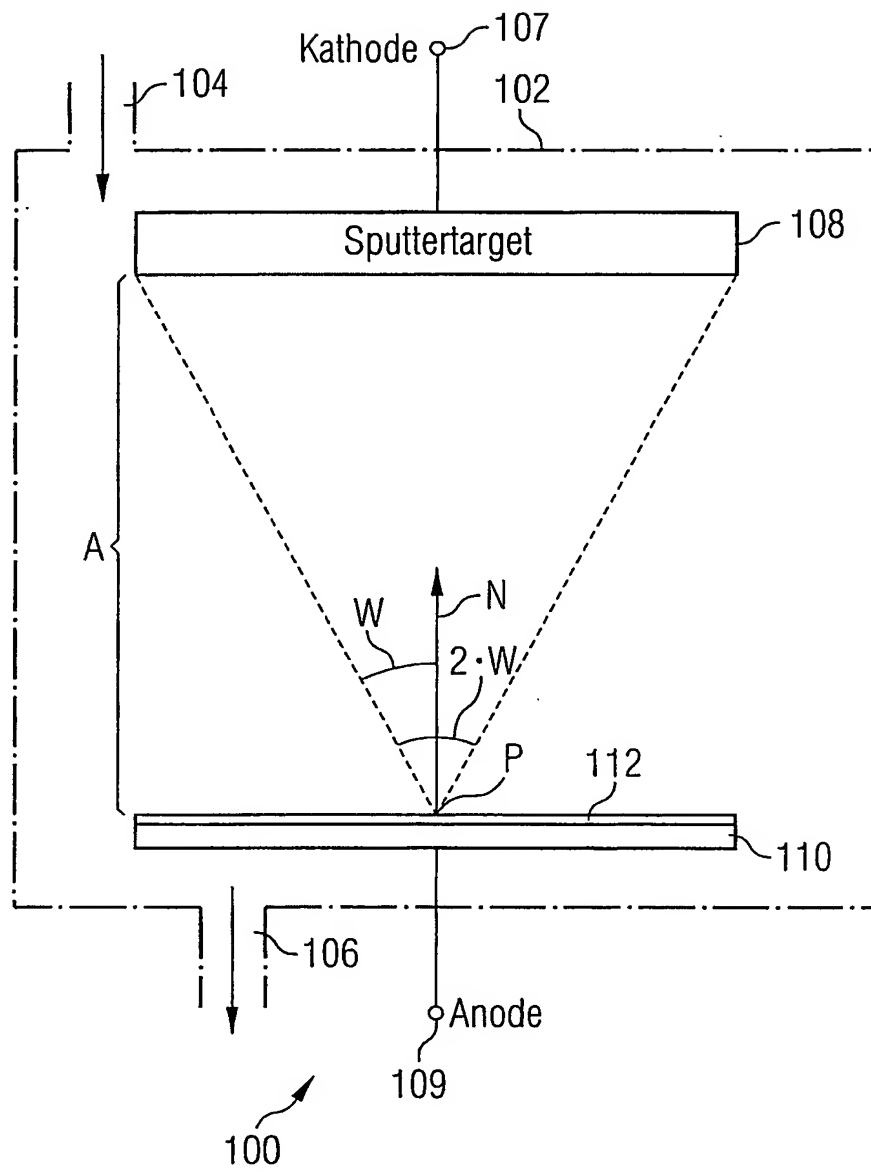
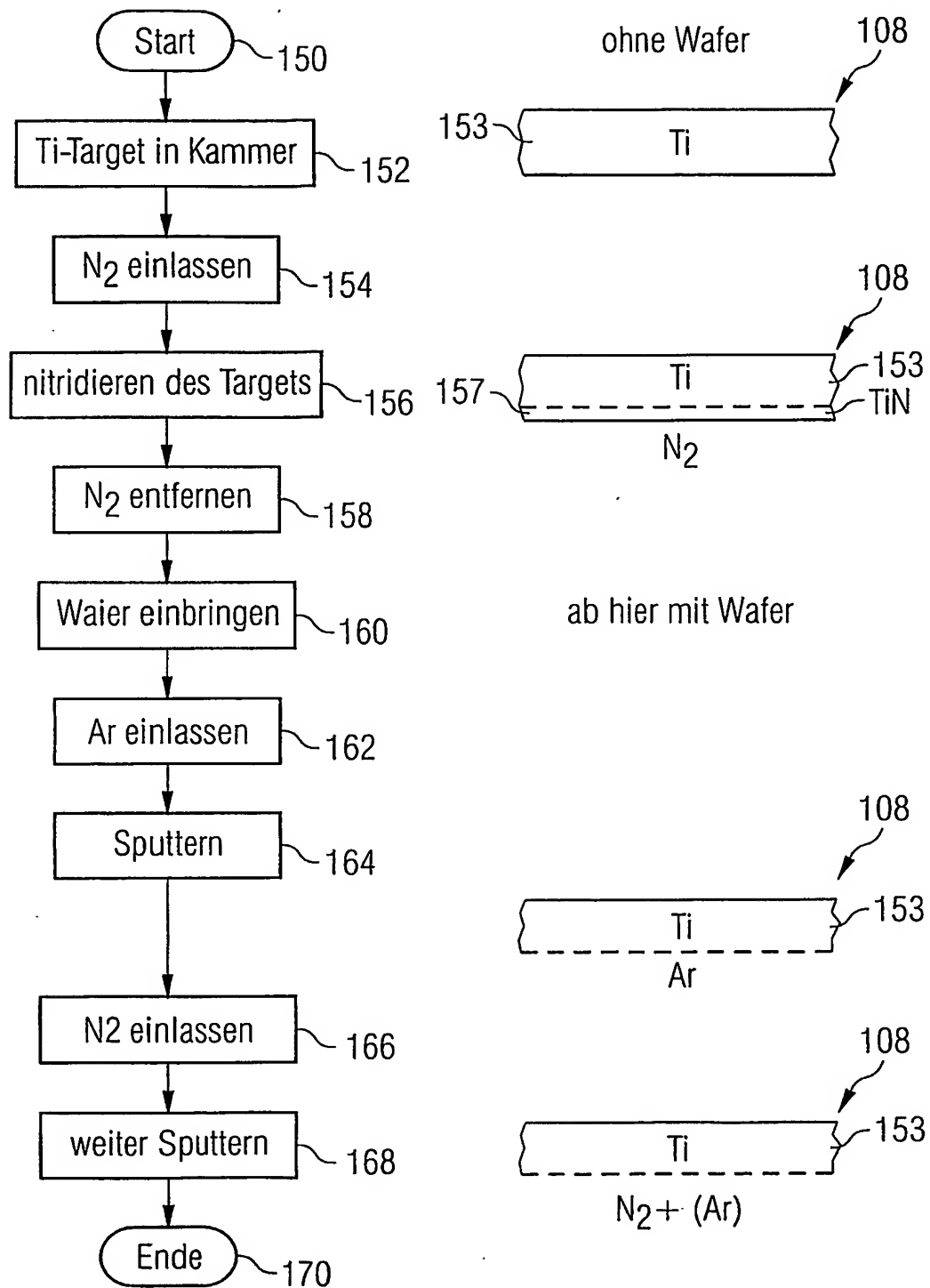


FIG 6



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/DE 03/00861

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 7 H01L21/768

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L C23C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 963 827 A (ENOMOTO YOSHIYUKI ET AL) 5 October 1999 (1999-10-05) column 9, line 13-27 -column 10, line 21-67 column 11, line 1-36 -column 16, line 50-55 ---	1,2,5-15
X	WO 99 53114 A (APPLIED MATERIALS INC ;CHIANG TONY (US); DING PEIJUN (US); CHIN BA) 21 October 1999 (1999-10-21) the whole document ---	1,2,5,6, 11-13,15
X	US 6 028 003 A (FRISA LARRY E ET AL) 22 February 2000 (2000-02-22) column 4, line 4-64 ---	1,13-15
A	---	2-12
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 October 2003

Date of mailing of the international search report

20/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ploner, G

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/DE 03/00861

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 271 592 B1 (CHA CHRIS ET AL) 7 August 2001 (2001-08-07) the whole document ---	1, 2, 13-15
X	EP 0 735 586 A (TEXAS INSTRUMENTS INC) 2 October 1996 (1996-10-02) the whole document ---	1, 13-15
X	EP 0 685 876 A (VARIAN ASSOCIATES) 6 December 1995 (1995-12-06) the whole document ---	1, 13, 15
X	US 6 316 132 B1 (KARP JAMES) 13 November 2001 (2001-11-13) the whole document -----	1, 13, 15

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/00861

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 5963827	A	05-10-1999	JP	3216345 B2	09-10-2001
			JP	6342766 A	13-12-1994
			JP	2002025939 A	25-01-2002
WO 9953114	A	21-10-1999	WO	9953114 A1	21-10-1999
US 6028003	A	22-02-2000	JP	11074227 A	16-03-1999
			TW	380308 B	21-01-2000
US 6271592	B1	07-08-2001	US	5985759 A	16-11-1999
			TW	422890 B	21-02-2001
			WO	9944226 A1	02-09-1999
EP 0735586	A	02-10-1996	DE	69625265 D1	23-01-2003
			DE	69625265 T2	04-09-2003
			EP	0735586 A2	02-10-1996
			JP	8274173 A	18-10-1996
			TW	392256 B	01-06-2000
			US	5668411 A	16-09-1997
EP 0685876	A	06-12-1995	EP	0685876 A2	06-12-1995
			JP	8111413 A	30-04-1996
US 6316132	B1	13-11-2001	NONE		

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01L21/768

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L C23C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 963 827 A (ENOMOTO YOSHIYUKI ET AL) 5. Oktober 1999 (1999-10-05) Spalte 9, Zeile 13-27 -Spalte 10, Zeile 21-67 Spalte 11, Zeile 1-36 -Spalte 16, Zeile 50-55	1,2,5-15
X	WO 99 53114 A (APPLIED MATERIALS INC ;CHIANG TONY (US); DING PEIJUN (US); CHIN BA) 21. Oktober 1999 (1999-10-21) das ganze Dokument	1,2,5,6, 11-13,15
X	US 6 028 003 A (FRISA LARRY E ET AL) 22. Februar 2000 (2000-02-22) Spalte 4, Zeile 4-64	1,13-15
A	---	2-12
	---	---

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

13. Oktober 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

20/10/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ploner, G



## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 271 592 B1 (CHA CHRIS ET AL) 7. August 2001 (2001-08-07) das ganze Dokument ---	1,2, 13-15
X	EP 0 735 586 A (TEXAS INSTRUMENTS INC) 2. Oktober 1996 (1996-10-02) das ganze Dokument ---	1,13-15
X	EP 0 685 876 A (VARIAN ASSOCIATES) 6. Dezember 1995 (1995-12-06) das ganze Dokument ---	1,13,15
X	US 6 316 132 B1 (KARP JAMES) 13. November 2001 (2001-11-13) das ganze Dokument -----	1,13,15

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die der selben Patentfamilie gehören

Internationale Patentnummer

PCT/DE 03/00861

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5963827	A	05-10-1999	JP 3216345 B2	09-10-2001
			JP 6342766 A	13-12-1994
			JP 2002025939 A	25-01-2002
WO 9953114	A	21-10-1999	WO 9953114 A1	21-10-1999
US 6028003	A	22-02-2000	JP 11074227 A	16-03-1999
			TW 380308 B	21-01-2000
US 6271592	B1	07-08-2001	US 5985759 A	16-11-1999
			TW 422890 B	21-02-2001
			WO 9944226 A1	02-09-1999
EP 0735586	A	02-10-1996	DE 69625265 D1	23-01-2003
			DE 69625265 T2	04-09-2003
			EP 0735586 A2	02-10-1996
			JP 8274173 A	18-10-1996
			TW 392256 B	01-06-2000
			US 5668411 A	16-09-1997
EP 0685876	A	06-12-1995	EP 0685876 A2	06-12-1995
			JP 8111413 A	30-04-1996
US 6316132	B1	13-11-2001	KEINE	